

## レーザーの特長を利用した研究開発Ⅲ

## Research developments using excellent properties of Lasers III

## (1) レーザー誘起ブレイクダウン分光を用いた電力設備診断技術

## (1) Diagnostic technology for electric power equipment using laser-induced breakdown spectroscopy

\*藤井 隆  
東京大学

## 1. はじめに

がいしやブッシングに代表される電力流通設備の汚損は、電力系統の絶縁信頼性や機器の長期信頼性に影響を及ぼす可能性があるため、汚損物の化学組成の同定や定量計測は、汚損状況の正確な評価のために重要である。しかしながら、現在、がいしの汚損状況は、筆あらい法やソルトメータを用いたパイロットがいしの汚損採取により、汚損物の可溶成分と等価の電気伝導度を有する NaCl の密度に換算した等価塩分付着密度として評価されている。これらの汚損度評価方法は、主にオフサイトかつオフライン計測であり、また、付着物質の化学組成同定のためには別途化学分析を行う必要がある。これらの代わりに、レーザー誘起ブレイクダウン分光 (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: LIBS) を用いた汚損度評価手法を用いることにより、がいし付着物質の多成分、オンサイト、迅速、かつ遠隔計測が可能になり、運用中のがいしに対する汚損状況の正確な評価が期待される<sup>1,2)</sup>。

筆者らは、電力中央研究所において、LIBS を用いた塩分付着密度 (Salt Deposit Density; SDD) の遠隔計測技術の開発を行ってきた<sup>3-5)</sup>。本講演では、これらの研究成果に関して紹介する。

## 2. 実験方法

実験配置を図1に示す。測定ターゲットとしては、①磁器がいしを模擬した、表面が平らな磁器製サンプル (以下、平板サンプルと呼ぶ)、②現在広く一般に使用されている磁器がいしである懸垂がいし (250 mm 懸垂がいし, SU-120CN) を用い、人工汚損試験において用いられる手法の一つであるとぶ漬け法を用いて汚損させた。エネルギー150 mJ、パルス繰り返し10 Hz の Nd:YAG レーザーの第2高調波を、10-20 m 離れた位置に設置した測定ターゲットに集光し、プラズマを生成した。プラズマからの発光は、レーザー集光光学系の近傍に設置した主鏡直径152 mm のニュートン型望遠鏡を用いて集光し、分光器と ICCD カメラにより分光した。

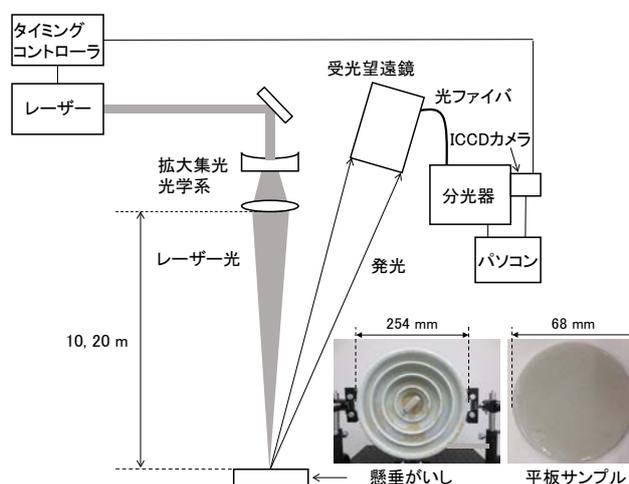


図1. 実験系

## 3. 実験結果

## 3-1. 平板サンプルを用いた実験

平板サンプルを用い、離隔距離20 mにおいて付着塩分に由来する Na と Cl の発光を計測した<sup>4)</sup>。実験の様子を図2に示す。Na (819.48 nm)に関しては、最も低い SDD (0.009 mg/cm<sup>2</sup>) においても発光が観測され、0.612 mg/cm<sup>2</sup>まで発光強度は SDD に対して単調増加した。Cl (837.59 nm)に関しては、SDD が 0.076 mg/cm<sup>2</sup>以上の

サンプルにおいて発光が観測され、 $0.736 \text{ mg/cm}^2$ まで発光強度は単調増加した。以上の結果より、Na (819.48 nm)とCl (837.59 nm)の発光を用いることにより、 $0.009 \sim 0.7 \text{ mg/cm}^2$ の濃度範囲でSDDの遠隔計測の可能性が示された。これは、国内の送変電設備のほぼ全塩害汚損区分に対応する。また、66 kV送電鉄塔の標準的な腕金高さは20 mとされている<sup>6)</sup>。従って、本手法を用いることにより、国内の送変電設備のほぼ全塩害汚損区分に対して、SDDの遠隔計測の可能性が示された。

### 3-2. 懸垂がいしを用いた実験

懸垂がいしを測定ターゲットに用い、離隔距離10 mにおいて、Cl (837.59 nm)の発光強度のSDD依存性を計測した<sup>5)</sup>。懸垂がいしは光学台に対して垂直になるように固定し、がいしの上面および下面それぞれにおいて、中心から45度間隔の放射上の8個のラインごとに7点、合計56点レーザー照射を行った。Cl (837.59 nm)の発光強度は、SDDが $0.007 \text{ mg/cm}^2$ から $0.598 \text{ mg/cm}^2$ において単調増加する傾向を示した。これは、計測条件が異なるため発光強度の絶対値は異なるものの、平板サンプルを用いて行った結果と同様の傾向である。また、がいし下面の汚損分布は、その複雑な形状に起因して上面より不均一になりやすく、発光強度にも局所的な変化が観測された。しかしながら、発光強度の面全体の平均は、上面と下面の計測において、SDD依存性に大きな変化はなかった。これらの結果より、本手法は複雑な形状を有する実がいしに対しても適用可能であると考えられる。

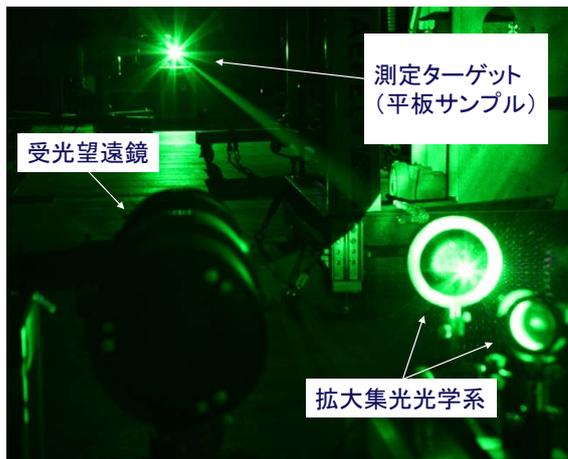


図2. 離隔距離20 mでの遠隔計測の様子<sup>4)</sup>

## 4. まとめ

離隔距離20 mにおいて、平板サンプルに付着した塩分の遠隔計測を行い、Na (819.48 nm)とCl (837.59 nm)の発光強度が、 $0.009 \sim 0.7 \text{ mg}$ の濃度範囲において単調増加することを示した。これにより、国内の送変電設備のほぼ全塩害汚損区分に対してSDDの遠隔計測の可能性を示した。また、離隔距離10 mにおける懸垂がいしの計測において、Cl (837.59 nm)の発光強度のSDD依存性が平板サンプルを用いて行った結果と同様の傾向を示した。これより、本手法は複雑な形状を有する実がいしに対しても適用可能であると考えられる。

## 謝辞

本稿で紹介した研究成果は、(一財)電力中央研究所において得られたものである。

## 参考文献

- [1] Laser Cross, No. 313 (2014, Apr.) ISSN0914-9805.
- [2] 藤吉晋一郎、本田親久、村岡克己、前田三男：レーザー研究、第20巻、第12号、pp. 29-36 (1992).
- [3] 藤井隆、元木浩平、屋地康平、江藤修三：電力中央研究所 研究報告 H15016 (2016).
- [4] 藤井隆、元木浩平、屋地康平、江藤修三、堀田栄喜、末包哲也：電力中央研究所 研究報告 H16008 (2017).
- [5] 藤井隆、屋地康平：電力中央研究所 研究報告 H17007 (2018).
- [6] JEC-127、電気学会電気規格調査会標準規格、送電用支持物設計標準、1979.

\*Takashi Fujii

The University of Tokyo